

CATA-DIOPTIC SYSTEM AND PROJECTION EXPOSURE DEVICE EQUIPPED WITH THE SAME SYSTEM

Publication number: JP2003114387 (A)

Publication date: 2003-04-18

Inventor(s): OMURA YASUHIRO

Applicant(s): NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- international: **G02B17/08; G03F7/20; H01L21/027; G02B17/08; G03F7/20; H01L21/02; (IPC1-7): G02B17/08; G03F7/20; H01L21/027**

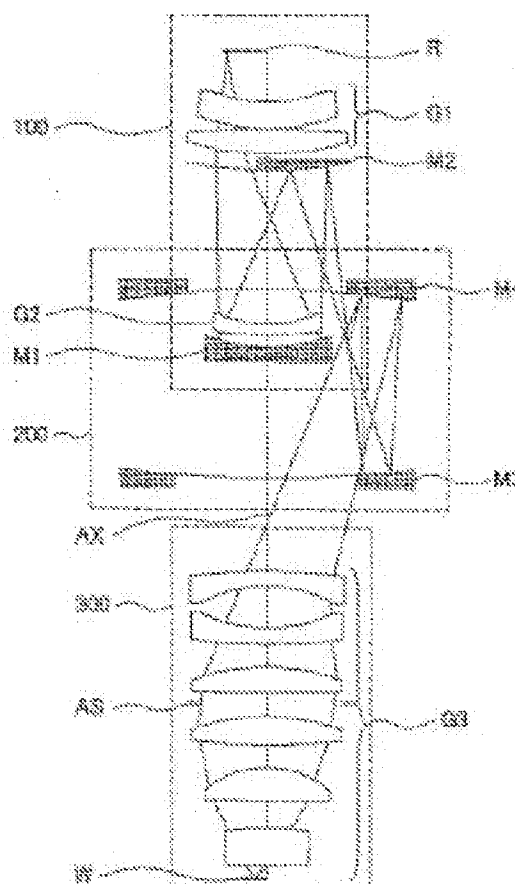
- European: **G03F7/20T16**

Application number: JP20010308754 20011004

Priority number(s): JP20010308754 20011004

Abstract of JP 2003114387 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cata-dioptic system which has aberrations compensated excellently even in the ultra ultraviolet range without using any large-diameter field lens and has high resolving power and a projection exposure device equipped with the optical system. **SOLUTION:** The cata-dioptic system has a 1st optical system 100, a field mirror couple 200, and a 2nd optical system 300. The 1st optical system 100 has lens groups G1 and G2, a concave surface mirror M1, and a mirror M2 for optical path separation and forms an intermediate image. The field mirror couple 200 comprise at least one field mirror couple and has a concave surface mirror M4 which is arranged in the space between a reticle R and the concave mirror M1 and reflects light to the 2nd optical system 300. The 2nd optical system 300 has a lens group G3 and forms an image of the reticle R on a wafer W according to the light from the intermediate image.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-114387

(P2003-114387A)

(43)公開日 平成15年4月18日(2003.4.18)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 2 B 17/08		G 0 2 B 17/08	A 2 H 0 8 7
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2001-308754(P2001-308754)

(22)出願日 平成13年10月4日(2001.10.4)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 大村 泰弘

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74)代理人 100095957

弁理士 亀谷 美明 (外2名)

Fターム(参考) 2H087 KA21 NA02 NA04 RA05 RA12

RA13 RA32 TA01 TA02 UA04

UA09

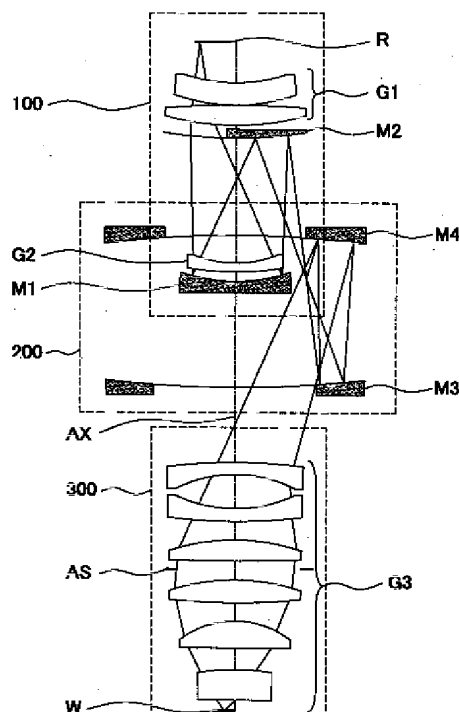
5F046 BA03 CB03 CB12

(54)【発明の名称】 反射屈折光学系および該光学系を備える投影露光装置

(57)【要約】

【課題】 大径のフィールドレンズを用いることなく、極紫外領域においても良好に収差補正され高解像力を有する反射屈折光学系および該光学系を備える投影露光装置を提供すること。

【解決手段】 反射屈折光学系は、第1光学系100と、フィールドミラー対200と、第2光学系300とを有する。第1光学系100は、レンズ群G1、G2と、凹面ミラーM1と、光路分離用のミラーM2とを有し、中間像を形成する。フィールドミラー対200は、少なくとも1組のフィールドミラー対からなり、レチクルRと凹面ミラーM1との間の空間に配置されて第2光学系300へ光を反射する凹面ミラーM4を有する。第2光学系300は、レンズ群G3を有し、中間像からの光に基づいてレチクルRの像をウエハW上に形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1面の像を第2面上に形成する反射屈折光学系であって、少なくとも1つの凹面ミラーと、少なくとも1つの光路分離用のミラーとを備え、前記第1面の中間像を形成する第1光学系と；前記中間像からの光に基づいて前記第1面の像を前記第2面上に形成する第2光学系と；前記第1面と前記凹面ミラーのうちの1つとの間の空間に配置されて前記第2光学系へ光を反射する凹面形状のミラーを有するフィールドミラー対と；を備えることを特徴とする反射屈折光学系。

【請求項2】 第1面の像を第2面上に形成する反射屈折光学系であって、正の屈折力を有する第1レンズ群と；前記第1レンズ群と前記第2面との間の光路中に配置されて、負の屈折力を有する第2レンズ群と；前記第2レンズ群と前記第2面との間の光路中に配置された凹面形状の第1ミラーと；前記第1ミラーと前記第2面との間の光路中に配置されて、前記第1面の方向へ向かう光束を前記第2面の方向に向けて反射する第2ミラーと；前記第2ミラーと前記第2面との間の光路中に配置された少なくとも1組のフィールドミラー対と；前記フィールドミラー対と前記第2面との間の光路中に配置されて、開口絞りを含み、正の屈折力を有する第3レンズ群と；を備え、前記フィールドミラー対は、前記第1面と前記第1ミラーとの間の空間に配置されて、前記第3レンズ群へ向けて光を反射する凹面形状のミラーを有することを特徴とする反射屈折光学系。

【請求項3】 前記反射屈折光学系を構成する光学部材は全て単一光軸上に配置されることを特徴とする請求項1または2に記載の反射屈折光学系

【請求項4】 前記第1面上に光軸から外れた視野を有し、かつ前記第2面上の光軸から外れた領域内に前記像を形成することを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項5】 前記第1面の縮小像を第2面上に形成することを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項6】 前記フィールドミラー対を構成するミラーは、いずれも平面または凹面形状を有することを特徴とする請求項1乃至5の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項7】 屈折光学材料は全て蛍石からなることを特徴とする請求項1乃至6の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項8】 前記第1面上に配置された所定のパターンを有するマスクを照明する照明光学系と、前記所定のパターンの像を前記第2面上に配置された感光性基板上へ投影するための請求項1乃至7の何れか一項に記載の反射屈折光学系と、を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項9】 前記反射屈折光学系は、前記第2面上の

光軸から外れた領域に長形状または円弧形状の露光領域を形成することを特徴とする請求項8に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子や液晶表示素子、撮像素子、CCD素子、薄膜磁気ヘッド等のデバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に用いられるのに好適な反射屈折光学系および該光学系を備える投影露光装置に関し、特に紫外線波長域で高解像度を要する走査型投影露光装置に好適な反射屈折光学系および該光学系を備える投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、マスクまたはレチクルのパターン像を投影光学系を介して、フォトレジスト等が塗布されたウエハまたはガラスプレート等（以下、まとめてウエハという）上に露光する投影露光装置が使用されている。半導体素子等の集積度が向上するにつれて、投影露光装置に使用されている投影光学系に要求される解像力は益々高まっている。この要求を満足するためには、照明光の波長を短くし、且つ投影光学系の開口数（以下、NAという）を大きくする必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、照明光の波長が短くなると、光の吸収によって実用に耐えうる硝材の種類は限られ、波長が180nm以下になると、実用上使える硝材は蛍石だけとなる。単一硝種レンズからなる屈折投影光学系では、色収差の補正に限界がある。このため、光源となるレーザの極狭帯化が必須となり、コストの増大、出力の低下は免れなくなる。また、屈折光学系では、像面湾曲量を決定するペッツバル和（Petzval Summation）を0にするために多数の正レンズおよび負レンズを用いる必要がある。

【0004】これに対して、凹面鏡は光を収束するという点では凸レンズに対応する素子として考えられるが、凸レンズとは異なる作用を有する点もある。例えば、凸レンズは色収差が発生するのにに対し、凹面鏡では色収差が生じない、凸レンズではペッツバル和が正值をとるのにに対し、凹面鏡ではペッツバル和が負値をとる、等である。このような凹面鏡とレンズを組み合わせた反射屈折光学系では、これらの特徴を光学設計上最大限活用し、単純な構成をとりながら色収差や像面湾曲の補正をはじめ、各収差の補正が可能である。

【0005】ところが、凹面鏡を用いた光学系では凹面鏡に入射する光束と凹面鏡から反射する光束の光路を如何に分離するかが大きな難点となっており、このため種々の技術が提案されている。例えば、従来では光路を分

離するために、軸外視野光学系においては、光軸に対し45度等の角度を持った偏向鏡を用いた方法が多く提案されている。しかし、この偏向鏡を用いた方法では、光軸が複数本になり、光学系の調整が格段に難しくなる。

【0006】そこで、特開2001-27727号公報に開示された光学系のように、単一光軸をもつ反射屈折光学系が提案されるようになった。ところが、この光学系ではレチクル面側に反射面を持つ反射面M1へ入射する光束と、反射面M1で反射された後、第2の反射面M2で反射されてウエハ面側へ進行する光束とを分離するために光束が広がり、光軸からの光線高が高くなる。そのため、どうしても直後に配置されるフィールドレンズが大型化してしまう。大径のフィールドレンズを製作するためには、大きな硝材が必要となるが、均質性の良い大きな硝材を得ることは難しい。また、大径のフィールドレンズでは、露光照射エネルギーによる熱的な形状変化等に起因する収差発生量も大きい。

【0007】本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、大径のフィールドレンズを用いることなく、極紫外領域においても良好に収差補正され高解像力を有する反射屈折光学系および該光学系を備える投影露光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の第1の態様にかかる反射屈折光学系は、第1面の像を第2面上に形成する反射屈折光学系であって、少なくとも1つの凹面ミラーと、少なくとも1つの光路分離用のミラーとを備え、前記第1面の中間像を形成する第1光学系と；前記中間像からの光に基づいて前記第1面の像を前記第2面上に形成する第2光学系と；前記第1面と前記凹面ミラーのうちの1つとの間の空間に配置されて前記第2光学系へ光を反射する凹面形状のミラーを有するフィールドミラー対と；を備えることを特徴とする。

【0009】凹面ミラーおよび凹面形状のミラーを用いることにより、色収差や像面湾曲の補正が容易になる。また、フィールドレンズの代わりにフィールドミラー対を用いることにより、製作上の困難が大きく軽減する。さらに、フィールドミラーは熱膨張が小さいため、熱的な変化による収差発生量を小さく抑えることができる。

【0010】本発明の第2の態様にかかる反射屈折光学系は、第1面の像を第2面上に形成する反射屈折光学系であって、正の屈折力を有する第1レンズ群と；前記第1レンズ群と前記第2面との間の光路中に配置されて、負の屈折力を有する第2レンズ群と；前記第2レンズ群と前記第2面との間の光路中に配置された凹面形状の第1ミラーと；前記第1ミラーと前記第2面との間の光路中に配置されて、前記第1面の方向へ向かう光束を前記第2面の方向に向けて反射する第2ミラーと；前記第2

ミラーと前記第2面との間の光路中に配置された少なくとも1組のフィールドミラー対と；前記フィールドミラー対と前記第2面との間の光路中に配置されて、開口絞りを含み、正の屈折力を有する第3レンズ群と；を備え、前記フィールドミラー対は、前記第1面と前記第1ミラーとの間の空間に配置されて、前記第3レンズ群へ向けて光を反射する凹面形状のミラーを有することを特徴とする。

【0011】凹面形状のミラーを用いることにより、色収差や像面湾曲の補正が容易になる。また、フィールドレンズの代わりにフィールドミラー対を用いることにより、製作上の困難が大きく軽減する。さらに、フィールドミラーは熱膨張が小さいため、熱的な変化による収差発生量を小さく抑えることができる。

【0012】本発明の第3の態様は、上記第1または第2の態様において、前記反射屈折光学系を構成する光学部材は全て単一光軸上に配置されることを特徴とするものである。かかる構成によれば、光軸が一本であるため、光学系の調整が比較的容易になる。

【0013】本発明の第4の態様は、上記第1乃至第3の態様のうち何れか一つの態様において、前記第1面上に光軸から外れた視野を有し、かつ前記第2面上の光軸から外れた領域内に前記像を形成することを特徴とするものである。

【0014】本発明の第5の態様は、上記第1乃至第4の態様のうち何れか一つの態様において、前記第1面の縮小像を第2面上に形成することを特徴とするものである。

【0015】本発明の第6の態様は、上記第1乃至第5の態様のうち何れか一つの態様において、前記フィールドミラー対を構成するミラーは、いずれも平面または凹面形状を有することを特徴とするものである。かかる構成によれば、ミラーおよび装置の大型化を避けることができる。

【0016】本発明の第7の態様は、上記第1乃至第6の態様のうち何れか一つの態様において、屈折光学材料は全て蛍石からなることを特徴とするものである。これより、波長が180nm以下の光源に対して適用可能な光学系を構成できる。

【0017】本発明の第8の態様にかかる投影露光装置は、前記第1面上に配置された所定のパターンを有するマスクを照明する照明光学系と、前記所定のパターンの像を前記第2面上に配置された感光性基板上へ投影するための上記第1乃至第7の態様のうち何れか一つの態様における反射屈折光学系と、を備えることを特徴とする。かかる構成によれば、微細なマスクパターン像を高解像に投影することができ、微細な回路パターンを有するデバイスの製作が可能となる。

【0018】本発明の第9の態様は、上記第8の態様において、前記反射屈折光学系は、前記第2面上の光軸か

ら外れた領域に長形状または円弧形状の露光領域を形成することを特徴とするものである。

【0019】また、本発明の第10の態様にかかる投影露光方法は、マスク上の所定のパターンを感光性基板へ投影する投影露光方法であって、前記第1面上に配置された所定のパターンを有するマスクを照明し、上記第1乃至第7の態様のうち何れか一つの態様における反射屈折光学系を用いて、前記所定のパターンの像を前記第2面上に形成し、前記第2面上に配置された感光性基板上に前記所定のパターンを転写することを特徴とする。このとき、前記所定のパターンの像を、前記第2面上での光軸から外れた領域であって、長形状または円弧形状の領域内に形成することが好ましい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、以下の説明及び添付図面において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付すことにより、重複説明を省略する。

【0021】図1は、本発明の典型的な反射屈折光学系の構成断面図である。この反射屈折光学系は、第1面の像を第2面上に形成する結像光学系である。以下では第1面をレチクルR、第2面をウエハWとして説明する。レチクルR上には所定のパターンが形成されている。なお、レチクルRの代わりにマスクとしてもよい。反射屈折光学系は、第1光学系100と、フィールドミラー対200と、第2光学系300とを有する。

【0022】第1光学系100は、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、第1レンズ群G1とウエハWとの間の光路中に配置されて、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、第2レンズ群G2とウエハWとの間の光路中に配置された凹面ミラーM1と、凹面ミラーM1とウエハWとの間の光路中に配置されて、レチクルRの方向へ向かう光束をウエハWの方向に向けて反射する光路分離用のミラーM2とを有する。第1光学系100は、レチクルRの中間像を形成する。

【0023】フィールドミラー対200は、ミラーM2とウエハWとの間の光路中に配置されており、少なくとも1組のフィールドミラー対からなる。図1に示す例では、フィールドミラー対200は、共に凹面形状のミラーM3、凹面ミラーM4とから構成されている。凹面ミラーM4は、レチクルRと凹面ミラーM1との間の空間に配置されて第2光学系300へ光を反射する。なお、フィールドミラー対200を構成するミラーはいずれも平面または凹面形状を有することが好ましい。

【0024】第2光学系300は、フィールドミラー対200とウエハWとの間の光路中に配置されて、開口絞りASを含み、正の屈折力を有する第3レンズ群G3を有する。また、第2光学系300は、第1光学系100が形成した中間像からの光に基づいてレチクルR上のパ

ターンの縮小像をウエハW上に形成する。

【0025】反射屈折光学系を構成する光学部材は全て単一光軸AX上に配置されており、レチクルR上に光軸から外れた視野を有し、かつウエハW上の光軸から外れた領域内にレチクルRの縮小像を形成する。

【0026】図1に示すように、レチクルR上で光軸AX外から発した光束は第1光学系100の第1レンズ群G1、および第2レンズ群G2によって第1ミラーM1に導かれる。第1ミラーM1で反射された光束は、再び第2レンズ群G2を通り、レチクルR方向に進む。図1に示す例では第2レンズ群G2は1枚のレンズにより構成され、光束はこのレンズを往復透過する。その後光束は、第1レンズ群G1のうち最もウエハW側のレンズの近傍に配置されたミラーM2で反射され、中間像を形成する。

【0027】中間像からの光束はフィールドミラー対200の一方のミラーM3によりレチクルRの方向に向けて反射された後、他方の凹面ミラーM4により再びウエハWの方向に反射され、第2光学系300へ入射する。フィールドミラー対200により、光軸AXから遠ざかるようとする光束を再び光軸AX方向に向けて、光軸AXからの光線高を低くして第2光学系300へ入射させることができる。

【0028】第2結像光学系300に入った光束は、開口絞りASにより光束径を制限されると共に、第3レンズ群G3により収束され、レチクルR上のパターンの縮小像をウエハW上に形成する。

【0029】図2は上述の反射屈折光学系により形成されるウエハW面上での露光領域を説明する図である。図2において、光軸AXを中心とする半径Aの円は光束が通らない遮光部である。この円の外周部にある幅Bの円環部は光軸AXから外れた軸外光線が到達する露光可能領域である。そのうち、幅X、長さYの円弧状の領域を実露光領域とできる。スキャン露光においては幅Xの方向にスキャンすることで大きな露光エリアを実現できる。

【0030】次に本発明にかかる反射屈折光学系の数値実施例について説明する。

〔第1実施例〕図3は第1実施例の反射屈折光学系の構成断面図である。本実施例の反射屈折光学系は、光束の通る順に、レチクルRの中間像を形成する第1光学系100と、フィールドミラー対200と、中間像からの光に基づいてレチクルRの像をウエハW上に形成する第2光学系300を有する。第1光学系100は、レチクルR側から光路に沿って順に、2枚の凸レンズからなる第1レンズ群G1と、1枚の凹レンズからなる第2レンズ群G2と、凹面ミラーM1と、凸面形状の光路分離用のミラーM2とを有する。

【0031】フィールドミラー対200はミラーM2とウエハWとの間の光路中に配置されており、凹面ミラー

M3, M4を有する。凹面ミラーM4は、レチクルRと凹面ミラーM1との間の空間に配置されて第2光学系300へ光を反射する。第2光学系300は、開口絞りASを含み、全体で正の屈折力をもつ第3レンズ群G3を有する。

【0032】反射屈折光学系を構成する光学部材は全て単一光軸AX上に配置されており、レチクルR上に光軸から外れた視野を有し、かつウエハW上の光軸から外れた領域内にレチクルRの縮小像を形成する。また、屈折光学材料は全て蛍石からなる。

【0033】第1実施例にかかる反射屈折光学系の諸元値を表1に示す。表1において、NAはウエハW側の開口数、 λ は基準波長、d0はレチクルR面から最もレチクルR面側の光学面までの距離、WDは最もウエハW面側の光学面からウエハW面までの距離を示す。番号は、レチクルR側からの光路に沿った順のレンズ、反射面の番号を示す。各レンズにおいて光路順に先に通る面を前面、後に通る面を後面としている。CXは凸面、CCは凹面を意味する。A(1)～A(7)は非球面を意味

し、APERTURE STOPは開口絞りを意味する。

【0034】各面の非球面データを表2に示す。非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、非球面の頂点における接平面から高さyにおける非球面上の位置までの光軸に沿った距離（サグ量）をZとし、頂点の曲率半径をrとし、円錐係数をKとし、n次の非球面係数をA～Fとしたとき、以下の数式で表される。表2中のCURV=1/rである。

$$Z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+K) \cdot y^2/r^2\}^{1/2}] + A \cdot y^4 + B \cdot y^6 + C \cdot y^8 + D \cdot y^{10} + E \cdot y^{12} + F \cdot y^{14}$$

ここで、本実施例の諸元値における曲率半径、間隔の単位の一例としてmmを用いることができる。基準波長における蛍石の屈折率は1.55930666であり、分散(dn/dλ)は-2.6E-6/pmである。

【0035】

【表1】

$NA = 0.84$
 $\lambda = 157.62 \text{ nm}$
 $d_0 = 54.3394$
 $WD = 9$

番号	曲率半径		間隔	材料
	前面	後面		
1	494.7417 CX	-352.3074 CX	27.3965 1.0000	螢石
2	129.3099 CX	A(1)	25.4588 240.0373	螢石
3	A(2)	-490.2730 CX	20.0000 10.1084	螢石
4		-224.9956 CC	-10.1084	(反射面)
3	-490.2730 CX	A(2)	-20.0000 -212.1559	螢石
5		-365.4304 CX	416.3307	(反射面)
6		-821.4137 CC	-372.2880	(反射面)
7		3886.4484 CC	562.5355	(反射面)
8	-256.6867 CC	315.7173 CC	20.0000 129.7785	螢石
9	236.9276 CX	501.2666 CC	33.4551 1.0000	螢石
10	A(3)	283.6517 CC	50.0000 148.4643	螢石
11	-437.8728 CC	-250.0000 CX	50.0000 50.9923	螢石
12	-944.6900 CC	A(4)	25.3718 22.6472	螢石
13	232.4370 CX	-1533.1492 CX	45.0000 32.3614	螢石
14	258.2446 CX	-4141.3631 CX	35.4732 5.0000	螢石
			APERTURE STOP	
15	A(5)	-2298.0097 CX	26.2787 25.0000 1.0000	螢石
16	446.3356 CX	-618.0715 CX	35.0000 1.0000	螢石
17	293.0928 CX	-1269.8330 CX	35.0000 1.5040	螢石
18	191.5056 CX	A(6)	29.1116 1.0000	螢石
19	110.6368 CX	A(7)	47.8538 16.5735	螢石
20	457.1355 CX	1543.1774 CC	28.0993	螢石

面番号	CURV C	K D	A E	B F
A(1)	0.00561759 4.45279E-17	0.000000 1.11319E-20	-1.00442E-07 -2.07037E-24	-3.43822E-13 1.16109E-28
A(2)	-0.00633420 1.27149E-17	0.000000 1.77671E-21	3.48244E-09 -4.64825E-26	3.16784E-13 1.90090E-29
A(3)	0.00471096 -7.67136E-18	0.000000 -7.89163E-23	-2.22909E-08 -4.24317E-27	-3.82203E-13 1.17703E-31
A(4)	0.00534277 8.01251E-18	0.000000 -1.92245E-22	5.55221E-08 -8.45042E-26	1.01271E-12 -1.08879E-30
A(5)	-0.00426715 -1.46233E-18	0.000000 -1.45220E-21	6.06719E-09 4.76747E-27	-5.42452E-13 -6.96716E-31
A(6)	0.00162719 8.36869E-17	0.000000 -4.28527E-22	5.56037E-08 2.85862E-25	1.16278E-12 -5.36881E-30
A(7)	-0.00021532 -1.56344E-16	0.000000 2.28156E-20	1.83654E-08 -1.32379E-24	6.64336E-13 2.62134E-29

【0037】図4に、本実施例の反射屈折光学系の子午方向（TANGENTIAL方向）及び球欠方向（SAGITTAL方向）における横収差（コマ収差）を示す。図4において、IMは像高を表わし、IM=8.75、IM=11.5、及び最大像高のIM=14.25、の3つの点における収差を示す。図中、実線は基準波長157.62nm、点線は基準波長+0.4µm、一点鎖線は基準波長-0.4µmでの収差をそれぞれ示している。各収差図より明らかなとおり、本実施例の反射屈折光学系は、各像高において、良好な収差補正がなされ、特に±0.4µmという波長域にわたり良好に色収差補正が達成されている。

【0038】本実施例により形成される露光領域は、円弧型露光エリアとなり、その大きさは図2に示した記号を用いて表すと、A=8.75、B=5.5、X=4、Y=22となる。以上よりわかるように本実施例では、大きな露光エリアを確保できる。なお、像高、露光エリアの単位は、表1において曲率半径、間隔の単位としてmmを採用した場合にはmmである。なお、以下の実施例においても本実施例と同様の記号を用いる。

【0039】〔第2実施例〕図5は第2実施例の反射屈折光学系の構成断面図である。本実施例の反射屈折光学系は、光束の通る順に、レチクルRの中間像を形成する第1光学系100と、フィールドミラー対200と、中間像からの光に基づいてレチクルRの像をウエハW上に

形成する第2光学系300を有する。第1光学系100は、レチクルR側から光路に沿って順に、2枚の凸レンズからなる第1レンズ群G1と、1枚の凹レンズからなる第2レンズ群G2と、凹面ミラーM1と、凸面形状の光路分離用のミラーM2とを有する。

【0040】フィールドミラー対200はミラーM2とウエハWとの間の光路中に配置されており、凹面ミラーM3、M4を有する。凹面ミラーM4は、レチクルRと凹面ミラーM1との間の空間に配置されて第2光学系300へ光を反射する。第2光学系300は、開口絞りASを含み、全体で正の屈折力をもつ第3レンズ群G3を有する。

【0041】反射屈折光学系を構成する光学部材は全て単一光軸AX上に配置されており、レチクルR上に光軸から外れた視野を有し、かつウエハW上の光軸から外れた領域内にレチクルRの縮小像を形成する。また、屈折光学材料は全て蛍石からなる。

【0042】第2実施例にかかる反射屈折光学系の諸元値を表3に示す。各面の非球面データを表4に示す。表3、表4における記号の定義はそれぞれ表1、表2と同様である。ここで、本実施例の諸元値における曲率半径、間隔の単位の一例としてmmを用いることができる。

【0043】

【表3】

$NA = 0.84$
 $\lambda = 157.62 \text{ nm}$
 $d_0 = 50$
 $WD = 9$

番号	曲率半径		間隔	材料
	前面	後面		
1	528.4371 CX	-343.1539 CX	27.3685 1.0000	蛍石
2	113.1642 CX	A(1)	25.4426 233.7143	蛍石
3	A(2)	-359.9779 CX	20.0000 7.2540	蛍石
4		-222.4612 CC	-7.2540	(反射面)
3	-359.9779 CX	A(2)	-20.0000 -201.6318	蛍石
5		-375.8761 CX	411.2495	(反射面)
6		-840.0121 CC	-373.3544	(反射面)
7		3013.5656 CC	546.0780	(反射面)
8	-260.3584 CC	218.4161 CC	20.0000 93.6403	蛍石
9	243.4188 CX	1053.2614 CC	44.1079 22.9132	蛍石
10	A(4)	342.1504 CC	60.0000 124.1587	蛍石
11	-425.4447 CC	-223.6675 CX	35.1848 116.7412	蛍石
12	794.5153 CX	A(5)	20.0000 26.0576	蛍石
13	195.3147 CX	1056.1794 CC	45.0000 24.3287	蛍石
14	248.1343 CX	-0.1919E+19 CX	40.0000 5.0000	蛍石
			APERTURE STOP	
15	A(6)	1249.3520 CC	21.7263 25.0000 1.0000	蛍石
16	318.7925 CX	-487.2460 CX	35.0000 1.0000	蛍石
17	180.0000 CX	1178.8551 CC	35.0000 5.0226	蛍石
18	272.7403 CX	A(7)	27.6046 1.0000	蛍石
19	93.7439 CX	A(8)	43.1689 14.1703	蛍石
20	400.5582 CX	870.9787 CC	20.7866	蛍石

【0044】

【表4】

面番号	CURV C	K D	A E	B F
A (1)	0.00740867 6.17210E-17	0.000000 1.97699E-20	-1.18830E-07 -3.32167E-24	-1.51010E-12 1.94668E-28
A (2)	-0.00682934 -1.51644E-17	0.000000 5.75667E-21	-3.50473E-09 -1.03219E-24	8.03304E-14 1.20952E-28
A (3)	0.00387825 -6.72751E-18	0.000000 -2.55114E-23	-2.29235E-08 -2.71867E-27	-4.46651E-13 2.08009E-31
A (4)	0.00661297 3.68967E-17	0.000000 7.30873E-22	4.15558E-08 4.71020E-28	1.31492E-12 -3.54357E-30
A (5)	-0.00385982 -4.61695E-18	0.000000 -1.74191E-21	-5.12262E-09 -5.04353E-26	-8.75532E-13 6.07867E-31
A (6)	0.00000000 -8.17355E-18	0.000000 1.15880E-21	4.91703E-08 -7.82327E-26	6.91222E-13 1.89955E-29
A (7)	0.00102621 -2.28824E-15	0.000000 3.66320E-19	4.00281E-08 -4.21250E-23	9.89052E-12 2.25242E-27

【0045】図6に、本実施例の反射屈折光学系の子午方向（TANGENTIAL方向）及び球欠方向（SAGITTAL方向）における横収差（コマ収差）を示す。図6において、IMは像高を表わし、IM=9.1, IM=11.85, 及び最大像高のIM=14.6, の3つの点における収差を示す。図中、実線は基準波長157.62nm, 点線は基準波長+0.4pm, 一点鎖線は基準波長-0.4pmでの収差をそれぞれ示している。各収差図より明らかなとおり、本実施例の反射屈折光学系は、各像高において、良好な収差補正がなされている。特に±0.4pmという波長域にわたり良好に色収差補正が達成されている。

【0046】本実施例により形成される露光領域は、円弧型露光エリアとなり、その大きさは図2に示した記号を用いて表すと、A=9.1, B=5.5, X=4, Y=22となる。以上よりわかるように本実施例においても、大きな露光エリアを確保できる。なお、像高、露光エリアの単位は、表3において曲率半径、間隔の単位としてmmを採用した場合にはmmである。

【0047】以上より、上記第1, 第2実施例の反射屈折光学系は共に、以下に述べる多数の長所を有する。フィールドレンズの代わりにフィールドミラーを用いたことにより、製作が容易になり、熱的变化による収差発生量を小さく抑えることができる。凹面ミラーを含む反射屈折光学系を採用し、0.84という高開口数をもちながら良好な収差補正がなされている。特に、屈折光学材料が蛍石のみであるにもかかわらず、±0.4pmという波長域にわたり良好に色収差補正が達成されている。蛍石のみでレンズを構成しているため、極紫外領域の波長を有する光源にも適用可能である。よって、レチクル上のパターンを高解像にウエハ上に形成することが可能

である。また、大きな露光エリアを確保できるので、良好なスループットを得ることができる。

【0048】図7は本発明の実施の形態に係る反射屈折光学系を適用した投影光学系を備えた投影露光装置の全体構成を概略的に示す図である。なお、図7において、投影光学系を構成する投影光学系8の光軸AXに平行にZ軸を、光軸AXに垂直な面内において図7の紙面に平行にX軸を、紙面に垂直にY軸を設定している。また、投影光学系8の物体面には所定の回路パターンが形成された投影原版としてレチクルRが配置され、投影光学系8の像面には、基板としてのフォトレジストが塗布されたウエハWが配置されている。

【0049】光源1から射出された光は、照明光学系2を介して、所定のパターンが形成されたレチクルRを均一に照明する。光源1から照明光学系2までの光路には、必要に応じて光路を変更するための1つ又は複数の折り曲げミラーが配置される。

【0050】また、照明光学系2は、例えば露光光の照度分布を均一化するためのフライアイレンズや内面反射型インテグレートタからなり、所定のサイズ・形状の面光源を形成するオプティカルインテグレートタや、レチクルR上での照明領域のサイズ・形状を規定するための可変視野絞り（レチクルブラインド）、この視野絞りの像をレチクル上へ投影する視野絞り結像光学系などの光学系を有する。なお、光源1から視野絞りまでの光学系として、例えば米国特許第5,345,292号に開示された照明光学系を適用することができる。

【0051】レチクルRは、レチクルホルダ4を介して、レチクルステージ5上においてXY平面に平行に保持されている。レチクルRには転写すべきパターンが形成されており、照明光学系2からの光で照明される。レ

チクルステージ5は、図示を省略した駆動系の作用により、レチクル面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はレチクル移動鏡6を用いた干渉計7によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0052】レチクルRに形成されたパターンからの光は、投影光学系8を介して、感光性基板であるウエハW上にパターン像を形成する。ウエハWは、ウエハホルダ10を介して、ウエハステージ11上においてXY平面に平行に保持されている。そして、レチクルR上での照明領域と実質的に相似形状の露光領域にパターン像が形成される。

【0053】ウエハステージ11は、図示を省略した駆動系の作用によりウエハ面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はウエハ移動鏡12を用いた干渉計13によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0054】投影光学系8によって規定されるレチクルR上の視野領域（照明領域）及びウエハW上の投影領域（露光領域）は、X方向に沿って短辺を有する長方形状あるいはX方向に狭い幅を有する円弧形状である。従って、駆動系及び干渉計7、13などを用いてレチクルR及びウエハWの位置合わせを行い、図示無きオートフォーカス／オートレベリング系を用いてウエハWを投影光学系の結像面に位置決めする。そして、この露光領域及び照明領域の短辺方向すなわちX方向に沿ってレチクルステージ5とウエハステージ11とを、ひいてはレチクルRとウエハWとを同期的に移動（走査）させる。これにより、ウエハW上には露光領域の長辺に等しい幅を有し且つウエハWの走査量（移動量）に応じた長さを有する領域に対してレチクルパターンが走査露光される。

【0055】なお、光源1からウエハWまでの光路の全体にわたって、露光光がほとんど吸収されることのない窒素やヘリウムガスなどの不活性ガスの雰囲気形成されている。

【0056】以上、添付図面を参照しながら本発明にかかる好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0057】例えば、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、撮像素子（CCDなど）の製造に用いられる露光装置などにも本発明を適用することができる。また、レチクルまたはマスクを製造するためにガラ

ス基板またはシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも、本発明を適用することができる。

【0058】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように本発明によれば、大径のフィールドレンズを用いることなく、極紫外領域においても良好に収差補正され、微細なパターンを高解像に投影可能な反射屈折光学系を提供できる。また、本発明によれば、極めて微細化された投影原版のパターンの像を基板上に良好に投影露光可能な投影露光装置を提供でき、微細な回路パターンを高解像に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態に係る反射屈折光学系の構成断面図である。

【図2】 本発明の実施の形態に係る反射屈折光学系により形成される露光領域を説明する図である。

【図3】 本発明の第1実施例の反射屈折光学系の構成断面図である。

【図4】 第1実施例の反射屈折光学系の横収差図である。

【図5】 本発明の第2実施例の反射屈折光学系の構成断面図である。

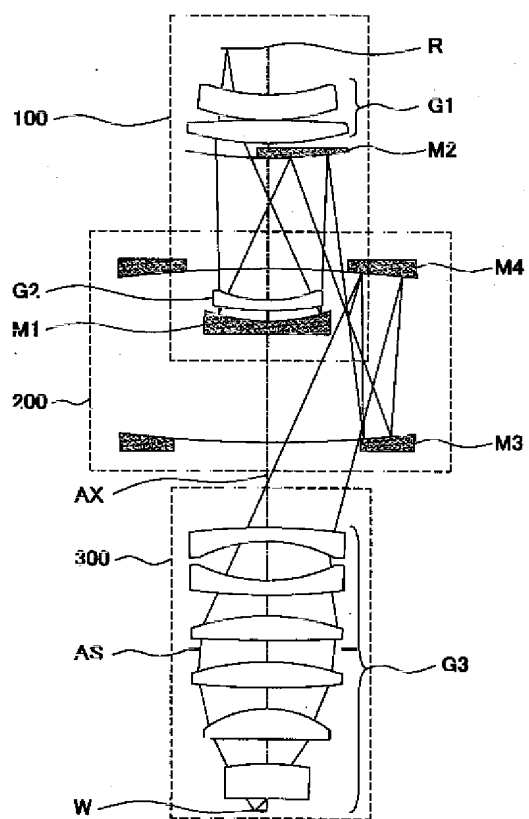
【図6】 第2実施例の反射屈折光学系の横収差図である。

【図7】 本発明の実施の形態に係る投影露光装置の概略構成図である。

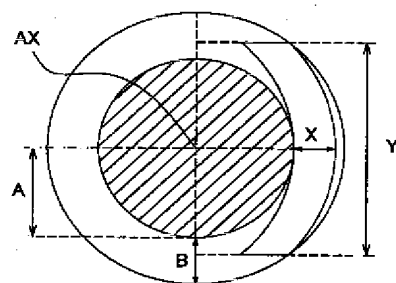
【符号の説明】

1	光源
2	照明光学系
4	レチクルホルダ
5	レチクルステージ
6	レチクル移動鏡
7, 13	干渉計
8	投影光学系（反射屈折光学系）
10	ウエハホルダ
11	ウエハステージ
12	ウエハ移動鏡
100	第1光学系
200	フィールドミラー対
300	第2光学系
AS	開口絞り
AX	光軸
G1	第1レンズ群
G2	第2レンズ群
G3	第3レンズ群
M1, M4	凹面ミラー
M2, M3	ミラー
R	レチクル
W	ウエハ

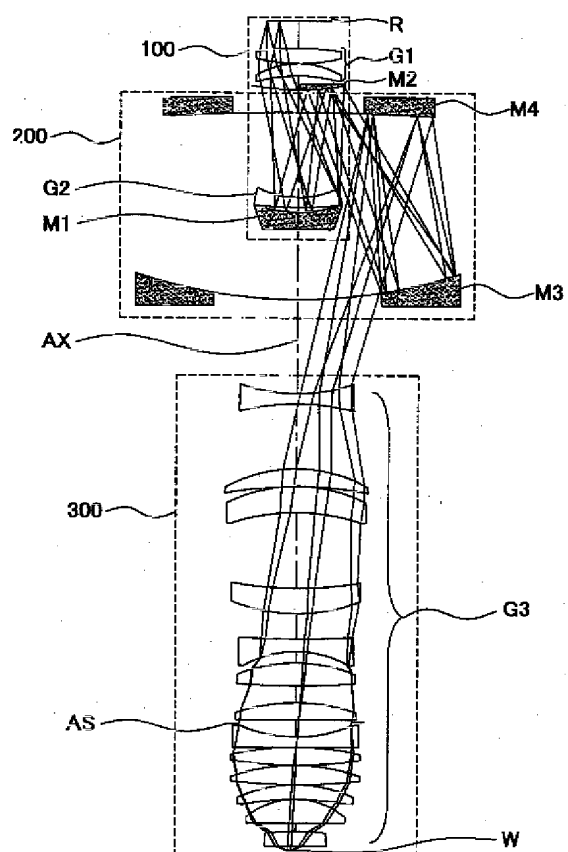
【図1】



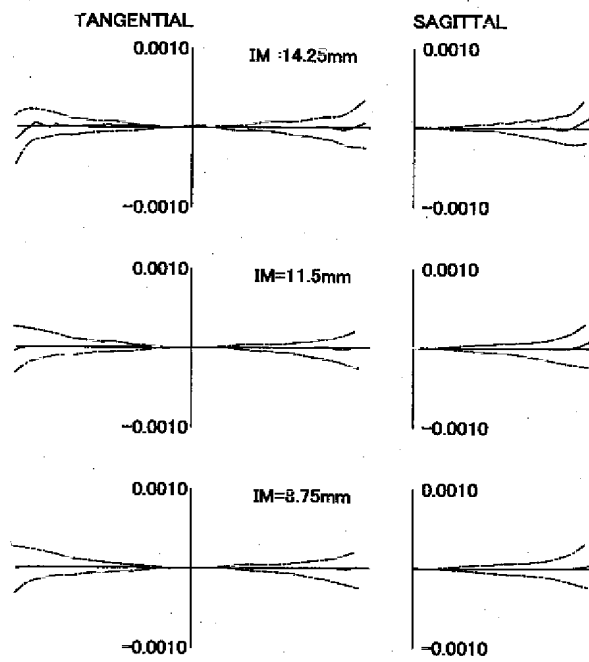
【図2】



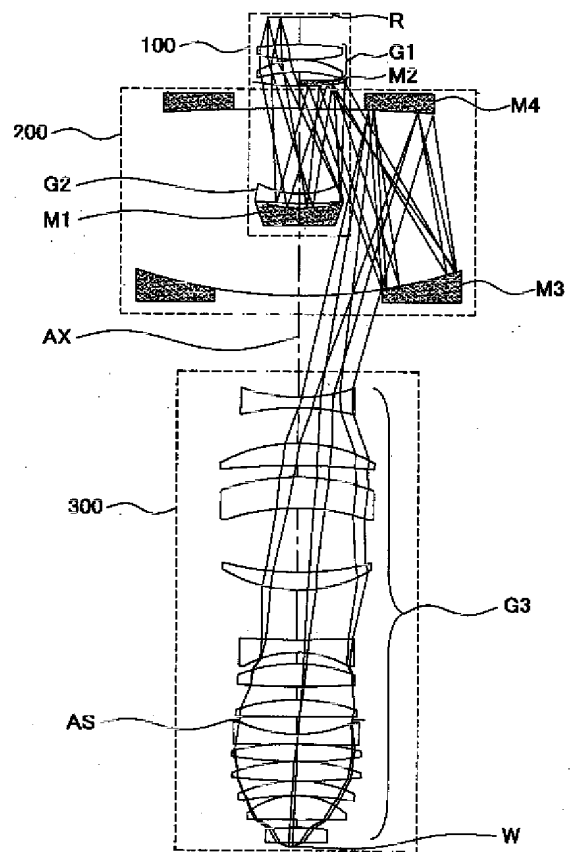
【図3】



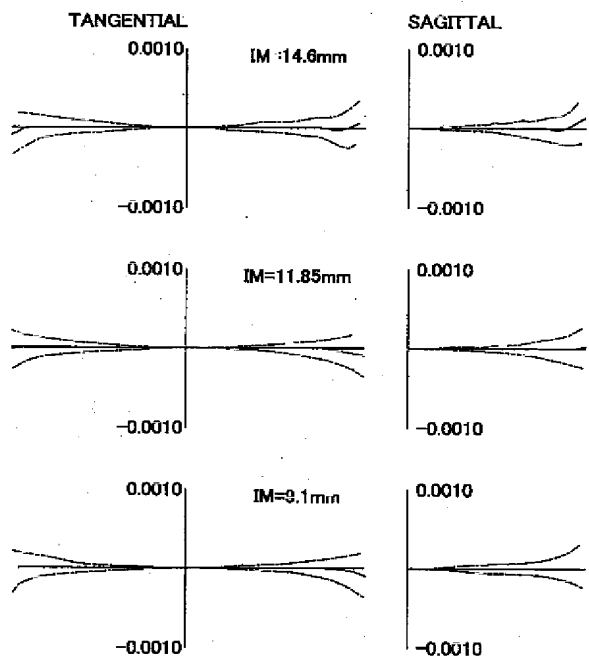
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

